

**PERENCANAAN MESIN *BENDING HEAT EXCHANGER*  
*VERTICAL* PIPA TEMBAGA 3/8 IN**

**DANI PRABOWO**

**5315077640**



Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
2014**

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI DENGAN JUDUL

### PERENCANAAN MESIN *BENDING HEAT EXCHANGER VERTICAL* PIPA TEMBAGA 3/8 IN

#### Telah Disetujui Oleh :

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1. <u>Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T</u> NIP. 19760422 200604 1 001	Pembimbing I	.....	.....
2. <u>Triyono, S.T., M.Eng</u> NIP. 19750816 200912 1 001	Pembimbing II	.....	.....

#### Dewan Penguji :

3. Prof. Dr. Hj. Zulfiati S., M.Pd NIP. 19500807 197603 2 001	Ketua Sidang	.....	.....
4. Eko Arif Syaefudin, ST., MT NIP. 19831013 200812 1 002	Sekretaris	.....	.....
5. Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd NIP. 19610521 198602 1 001	Dosen Ahli	.....	.....

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Drs. Agus Dudung, M.Pd.  
NIP. 196508171991021001

Tanggal Ujian : 27 Januari 2014  
Tanggal Lulus :

## ABSTRACT

**Dani Prabowo.** Planning Bending Machines Vertical Copper Pipe Heat Exchanger 3/8 inch. Thesis. Jakarta: Education Program Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Jakarta State University 2014.

Planning there are three types, namely Adoptive Design, Development Design and Inventive Design. In this paper the authors do planning on the type of Development Design manual bending tools existing vertical heat exchanger. This plan aims to improve the effectiveness of the work, the results of production and minimize production costs.

The working principle of this machine by pressing the ON button to turn on the electric motor as a driving force. Rev the engine is transmitted using a flexible couple to speed reducer then transmitted again using the chain sprocket to drive the main shaft. Also the main shaft transmits rotation through the belt pulley shaft to the carrier that serves as a carrier to deliver a distance convolution.

The results of the planning is to design vertical bending machine heat exchanger copper pipe 3/8 in. Shaft material is made of S45C carbon steel, frame made of hollow St41 30 x 30 x 1.5 mm. This machine has the specs include: (1) Dimension 1250 x 600 x 700 mm. (2) Having the power of 0.5 hp motor drive with 1420 rpm, (3) transmission system using flexible couple, chain sprockets and belt pulleys, (4) Using the speed reducer 1:60. By using heat exchangers vertical bending machine working process takes 15 minutes for a one-time process. The result of increased production of 192 units per month. The payback period for the investment of 1.33 months manufacture of the machine will return with a monthly income of Rp. 2.250.000, -

Keywords: Planning, Bending, Heat exchangers vertical.

## ABSTRAK

**Dani Prabowo.** Perencanaan Mesin *Bending Heat Exchanger Vertical* Pipa Tembaga 3/8 in. Skripsi, Jakarta : Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Januari 2014.

Perencanaan ada tiga jenis, yaitu *Adoptive Design* (Desain tiruan), *Development Design* (Pengembangan desain yang sudah ada), *Inventive Design* (Penemuan desain baru). Dalam penulisan ini penulis melakukan perencanaan jenis *Development Design* pada alat *bending manual heat exchanger vertical* yang ada. Perencanaan ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas kerja dan hasil produksi dan mengurangi biaya produksi yang dikeluarkan.

Prinsip kerja mesin ini dengan menekan tombol ON untuk menghidupkan motor listrik sebagai tenaga penggerak. Putaran ditransmisikan menggunakan *flexible couple* ke speed reducer kemudian ditransmisikan lagi menggunakan sprocket rantai untuk menggerakkan poros utama. Poros utama juga mentransmisikan putaran melalui sabuk puli ke poros pembawa yang berfungsi sebagai pembawa untuk memberikan jarak lilitan.

Hasil perencanaan adalah desain mesin *bending heat exchanger vertical* pipa tembaga 3/8 in. Bahan poros terbuat dari Baja karbon S45C, rangka terbuat dari bahan St41 *hollow* 30 x 30 x 1,5 mm. Mesin ini mempunyai spesifikasi antara lain: (1) Berdimensi 1250 x 600 x 700 mm. (2) Mempunyai daya penggerak motor 0.5 Hp denga 1420 Rpm, (3) Sistem transmisi menggunakan *flexible couple*, sprocket rantai dan sabuk puli, (4) Menggunakan *speed reducer* 1:60. Dengan menggunakan mesin *bending heat exchanger vertical* proses pengerjaan memerlukan waktu 15 menit untuk satu kali proses. Hasil produksi meningkat **192 unit per bulan**. *Payback period* selama **1,33 bulan** investasi pembuatan mesin akan kembali dengan laba perbulan sebesar **Rp. 2.250.000,-**

Kata kunci : Perencanaan, *Bending, Heat exchanger vertical*.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah yang diberikan. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Perencanaan Mesin Bending Heat Exchanger Vertical Pipa Tembaga 3/8 in”*.

Adapun tujuan dari penulisan ini adalah sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Dalam penulisan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bpk. Padiyat (Alm) dan Ibu Supartini selaku orang tua serta kakak dan adik tercinta yang telah banyak sekali memberikan dorongan baik moril maupun materil.
2. Bpk. Drs. Agus Dudung, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT-UNJ.
3. Bpk. Ahmad Kholil, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin FT-UNJ, dan sekaligus sebagai Pembimbing Akademik selama perkuliahan.
4. Bpk. Dr. Darwin Rio Budhi Syaka, MT. selaku dosen pembimbing I atas segala arahan, bimbingan dan motivasi yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bpk. Triyono, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan masukan yang berguna dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Bpk Mulyana, S.Pd yang telah membantu memberikan ide, saran dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
8. Teman-teman jurusan teknik mesin UNJ 2007, Rizky, Budhi, Mairis, Barok, Tio, Dodi, Doni, Susilo, Cholis, Bowo dan lain-lain.

Penulis menyadari bahwa masih ada banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran serta masukan guna menunjang isi penulisan skripsi ini sehingga mencapai hasil yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Terima Kasih.

Jakarta, Januari 2014

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	2
C. Pembatasan Masalah .....	3
D. Perumusan Masalah .....	3
E. Tujuan Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b>	
A. <i>Heat Exchanger</i> .....	5
B. Mesin <i>Bending Heat Exchanger Vertical</i> .....	8
C. Komponen Mekanis .....	10
1. Poros .....	10
2. Rangka .....	17
3. Puli Sabuk .....	18
4. Pasak .....	19
5. Baut dan Mur.....	21
6. Bantalan.....	23
7. Sproket Rantai .....	27
8. Motor Listrik .....	28
D. Perhitungan Biaya Produksi .....	29

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

A. Tujuan Perancangan .....	31
B. Tempat dan Waktu Perancangan .....	31
C. Metode Perancangan .....	32
D. Fungsi Alat .....	32
E. Tahapan Perencanaan .....	33
F. Analias .....	37

### **BAB IV ANALISIS DAN HASIL PERENCANAAN**

A. Perhitungan Teoritis .....	38
B. Perencanaan Daya Motor .....	39
C. Perencanaan Poros .....	43
D. Perencanaan Bantalan .....	45
E. Perencanaan Pasak .....	47
F. Perencanaan Rangka .....	48
G. Perbandingan Proses Kerja dan Perhitungan Biaya Produksi .....	52

### **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	59
B. Saran .....	60

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>61</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>62</b>
-----------------------	-----------



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> <i>Alar Bending Manual</i> .....	2
<b>Gambar 2.</b> <i>Soft Copper Tubing 3/8 in</i> .....	6
<b>Gambar 3.</b> <i>Heat Exchanger Horizontal</i> .....	7
<b>Gambar 4.</b> <i>Heat Exchanger Vertical</i> .....	7
<b>Gambar 5.</b> <i>Pandangan Samping dan Depan Mesin Bending Heat Exchanger Vertical</i> .....	8
<b>Gambar 6.</b> <i>Poros Utama</i> .....	16
<b>Gambar 7.</b> <i>Rangka</i> .....	17
<b>Gambar 8.</b> <i>Gaya-gaya pada sabuk</i> .....	18
<b>Gambar 9.</b> <i>Pasak pin ulir</i> .....	20
<b>Gambar 10.</b> <i>Baut Penjepit</i> .....	21
<b>Gambar 11.</b> <i>Macam-macam baut untuk pemakaian khusus</i> .....	22
<b>Gambar 12.</b> <i>Fillow Block</i> .....	24
<b>Gambar 13.</b> <i>Berbagai jenis bantalan peluru</i> .....	25
<b>Gambar 14.</b> <i>Jenis-jenis bantalan rol</i> .....	25
<b>Gambar 15.</b> <i>Flow chart</i> .....	33
<b>Gambar 16.</b> <i>Rancangan mesin bending heat exchanger vertical</i> .....	35

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan.....	13
<b>Tabel 2.</b> Data hasil percobaan awal.....	38
<b>Tabel 3.</b> Perbandingan waktu pengerjaan.....	53
<b>Tabel 4.</b> Biaya pembuatan mesin <i>bending heat exchanger vertical</i> .....	54
<b>Tabel 5.</b> Biaya <i>Depresi</i> dan Biaya <i>Maintenance</i> .....	56
<b>Tabel 6.</b> Perbandingan efektifitas mesin .....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b>	Bentuk Pipa Tembaga 3 per 8 in Sebelum di Bending.....	62
<b>Lampiran 2.</b>	Alat Bending Manual.....	63
<b>Lampiran 3.</b>	Mesin Heat Exchanger Vertical.....	64

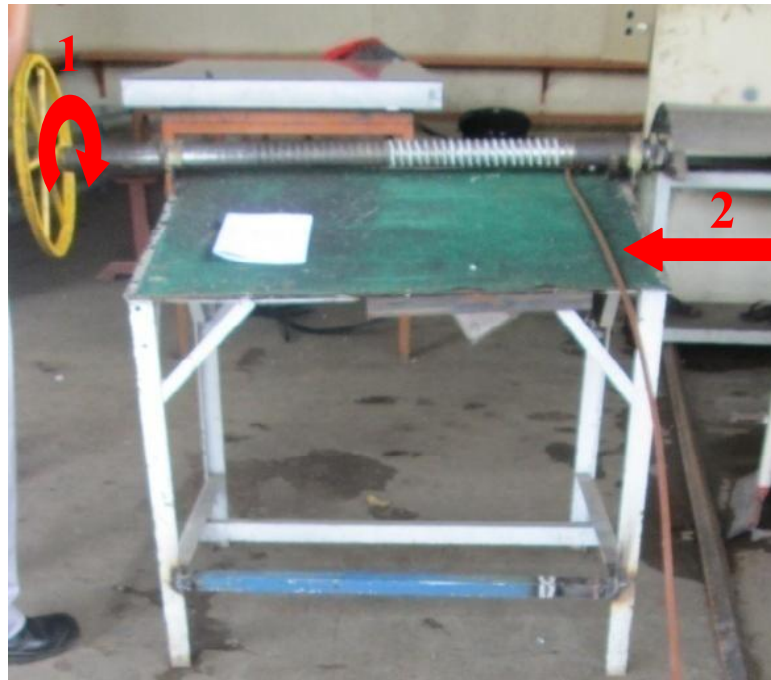
# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

*Aircon Water Heater* adalah suatu produk pemanas air yang energi panasnya memanfaatkan energi *outdoor* AC. Produk ini tidak memerlukan tambahan energi listrik maupun gas. *Heat exchanger* merupakan salah satu komponen utama *aircon water heater*. *Heat exchanger* merupakan suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. *Heat exchanger* berdasarkan posisi pemasangannya dibagi menjadi dua jenis, yaitu *heat exchanger horizontal* dan *heat exchanger vertical*. Pembuatan *heat exchanger vertical* lebih sulit dari pada *heat exchanger horizontal*. Untuk memaksimalkan perpindahan panas *heat exchanger vertical* dibuat dari pipa tembaga 3/8 in dan memperluas penampangnya yaitu dengan cara membentuk melingkar–lingkar berbentuk *helix*

Pembuatan *heat exchanger vertical* mempunyai kendala pada alat yang digunakan yaitu alat *bending* manual. Alat ini digerakan dengan tenaga manusia dan memerlukan keterampilan khusus dalam pengoperasian alat ini karena hasil yang diperoleh dapat berbeda dari sebelumnya (nomor 1). Pengoperasian alat ini juga memerlukan dua orang operator (nomor 1 dan 2). Selain itu dalam pengoperasian alat ini memerlukan langkah kerja yang banyak sehingga menambah waktu pembuatan lebih lama. Berikut ini adalah gambar alat bending manual yang masih digunakan dalam perusahaan.



Gambar 1. Alat *Bending* Manual

Berdasarkan permasalahan di atas, salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan membuat mesin *bending heat exchanger vertical*. Mesin *bending heat exchanger vertical* ini menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak, jumlah operator dari dua orang dikurangi menjadi satu orang, langkah kerja alat dibuat lebih singkat sehingga lebih cepat dan mudah digunakan. Dengan cara ini diharapkan dapat meningkatkan efektifitas kerja dan memperbaiki produk yang dihasilkan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat diidentifikasi masalah yang berkaitan dengan pengembangan mesin *bending heat exchanger vertical*.

Masalah - masalah yang dapat diidentifikasi antara lain adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah perencanaan, desain keseluruhan serta aplikasi operasional dan efektifitas dalam pembuatan dan pengembangan mesin *bending heat exchanger vertical*?
2. Apa saja kebutuhan komponen yang diperlukan dalam pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* ?

### C. Pembatasan Masalah

Berdasarkan masalah-masalah yang telah diidentifikasikan maka penulis akan membatasi ruang lingkup yang akan dibahas. Pembatasan masalah itu meliputi :

1. Perencanaan elemen-elemen mesin seperti poros, rangka, pasak, bantalan, motor listrik, dan sistem transmisi yang ada pada mesin *bending heat exchanger vertical*.
2. Produk *heat exchanger* yang digunakan dibuat dari *soft copper tubing* ukuran 3/8 in.

### D. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah dan pembatasan masalah, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut:  
 “Bagaimana perencanaan mesin *bending heat exchanger vertical* pipa tembaga 3/8 in untuk meningkatkan efektifitas kerja dan produk yang dihasilkan?”

## E. Tujuan Penelitian

Dengan adanya perencanaan ini diharapkan dapat:

1. Merencanakan mekanisme mesin *bending heat exchanger vertical* yang lebih efektif.
2. Merencanakan biaya yang dibutuhkan dalam proses pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical*.
3. Memberi masukan untuk menentukan menggunakan alat yang lama atau mengganti dengan alat yang baru.
4. Merupakan implementasi ilmu serta ide-ide yang didapat selama perkuliahan dan mewujudkan dalam kehidupan nyata sehingga dapat bermanfaat.

## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### A. *Heat Exchanger*

*Heat exchanger* merupakan salah satu komponen dari *Aircon Water Heater* yang terbuat dari pipa tembaga 3/8 in. Chris Long dan Naser Sayma menyatakan :

*“Heat Exchangers are thermal device that transfer or exchange heat from one fluids stream to one or more others”.It is a broad description to a vast range of hardware that operates in one of three ways :*

- 1. By recuperation, or recovery of heat from a hot stream to a cold a stream.*
- 2. By regeneration, as the hot and cold streams alternatively flow through a matrix*
- 3. By direct contact of one fluid stream with another”<sup>2</sup>*

Menurut Sitompul, peralatan penukar panas adalah suatu peralatan di mana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi kepada fluida lain yang temperaturnya lebih rendah.<sup>3</sup> Dari penjelasan singkat di atas dapat disimpulkan bahwa *heat exchanger* adalah alat penukar panas yaitu memindahkan panas dari dua fluida pada temperatur yang berbeda di mana transfer panas dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung.

---

<sup>2</sup> Chris Long dan Naser Sayma, *Heat Transfer* 1<sup>st</sup> Edition. (Bookboon. 2009). h.129

<sup>3</sup> Sitompul Tunggul M, *Alat Penukar Kalor*, Cetakan. 1.(Jakarta : PT.Raja Grafindo Persada, 1993). h. 88.



Bahan *heat exchanger* menggunakan pipa yang banyak digunakan pada sistem refrigerasi dan AC yaitu tembaga. Pipa tembaga terdiri dari 2 jenis yaitu :

1. Pipa Tembaga Lunak (*Soft Copper Tubing*)

Jenis ini digunakan pada sistem refrigerasi dan AC domestik dan komersial. Pipa ini yang digunakan untuk bahan *Heat exchanger* karena mudah dibengkokkan dan dikembangkan. Ukuran yang sering digunakan  $1/4'$ ,  $3/8'$ ,  $1/2'$ ,  $5/8'$ ,  $3/4'$ ,  $7/8'$ ,  $1\ 1/8'$ , dan  $1\ 3/8'$ . Setiap rolnya mempunyai panjang 15 meter.



**Gambar 2.** *Soft Copper Tubing 3/8 in*

## 2. Pipa Tembaga Keras (*Hard Copper Tubing*)

Pipa ini digunakan pada sistem refrigerasi dan AC komersial. Jenis pipa ini keras dan kaku sehingga tidak perlu dibengkokkan tetapi menggunakan *fitting* untuk menyambungny. Pipa ini berbentuk pipa lurus dengan panjang 6 m

Berdasarkan posisi penggunaannya *heat exchanger* dibedakan menjadi dua macam, yaitu *heat exchanger horizontal* dan *heat exchanger vertical*.



**Gambar 3.** *Heat Exchanger Horizontal*

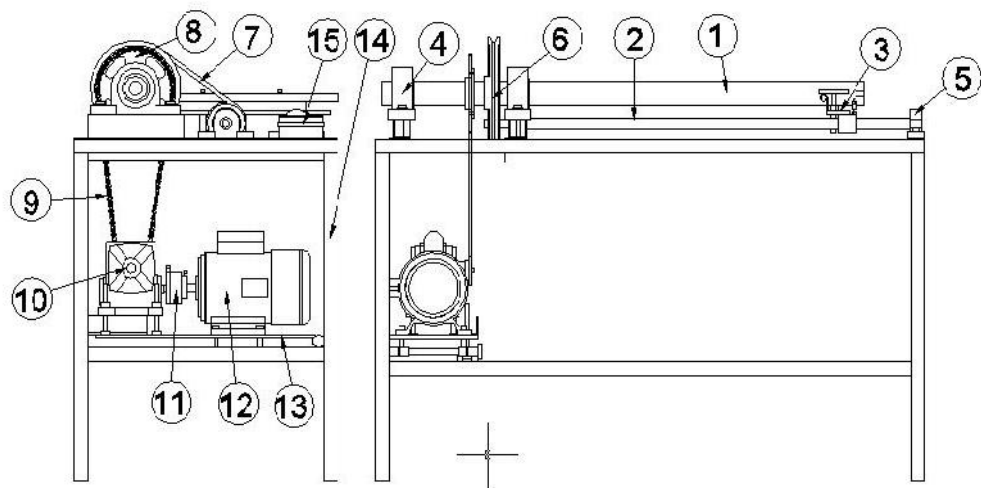


**Gambar 4.** *Heat Exchanger Vertical*

## B. Mesin *Bending Heat Exchanger Vertical*

### 1. Konsep mesin *bending heat exchanger vertical*

Mesin *bending heat exchanger vertical* merupakan alat untuk membengkokkan pipa tembaga 3/8 in dalam bentuk lonjoran lurus berubah menjadi lilitan berbentuk *helix*. Mesin ini khusus membengkokkan pipa tembaga untuk membuat *heat exchanger vertical*. Konsep mesin ini adalah dengan melilitkan pipa tembaga pada sebuah poros. Pada mesin ini terdapat tiga poros, satu poros utama dan dua poros pembawa. Mesin ini merupakan pengembangan dari alat yang sudah ada. Pengembangan dilakukan pada penggunaan daya penggerak dan mekanisme kerja alat tersebut. Daya penggerak pada mesin ini menggunakan motor listrik sebagai pengganti tenaga manusia. Motor listrik digunakan untuk memutar poros utama dan poros pembawa. Bagian-bagian utama Mesin *bending heat exchanger vertical* antara lain sebagai berikut :



**Gambar 5.** Pandangan Samping dan Depan Mesin *Bending Heat Exchanger Vertical*

#### Keterangan gambar

- |                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| 1. Poros utama    | 8. Sproket gear     |
| 2. Poros pembawa  | 9. Speed reducer    |
| 3. Claim          | 10. Flexible Couple |
| 4. Bantalan besar | 11. Motor listrik   |
| 5. Bantalan kecil | 12. Plat duduk      |
| 6. Puli           | 13. Rangka          |
| 7. Sabuk          | 14. Saklar ON/OFF   |

#### 2. Langkah kerja mesin *bending heat exchanger vertical*

Langkah kerja mesin ini yaitu membentuk pipa tembaga dengan *lever tube bending* secara manual. Memasukan satu ujung pipa tembaga ke poros utama dan satu ujung lain dimasukan ke *clam* poros pembawa. Setelah itu menekan tombol *push botton* ke posisi ON untuk menghidupkan motor listrik, motor listrik menghasilkan putaran 1420 rpm kemudian melalui *flexible couple* putaran dihubungkan ke *speed reducer*. *Speed reducer* berfungsi untuk menurunkan kecepatan putaran dari motor listrik. Rasio yang digunakan adalah 1:60 yang dipilih berdasarkan kecepatan putaran yang dibutuhkan. Selanjutnya putaran ditransmisikan menggunakan sproket rantai untuk menggerakan poros utama. Poros utama merupakan komponen penting karena digunakan langsung sebagai alat *bending* untuk pipa tembaga.

Pada poros utama juga terdapat sabuk puli untuk menghubungkan poros utama dengan poros pembawa. Poros pembawa bergerak sejajar dengan poros utama dan mengarahkan pipa tembaga ketika akan di *bending* oleh poros utama. Setelah selesai tekan tombol OFF untuk menghentikan kerja mesin. Kemudian keluarkan hasil lilitan tersebut, langkah terakhir adalah membengkokkan ujung pipa tembaga agar sejajar dengan ujung yang lain.

### C. Komponen Mekanis

Dalam proses perencanaan mesin *bending heat exchanger vertical* memiliki beberapa komponen pendukung. Adapun komponen-komponen tersebut diantaranya adalah :

#### 1. Poros

Poros adalah sebuah elemen mesin berbentuk silinder pejal yang berfungsi sebagai tempat dudukannya elemen–elemen lain seperti puli, sproket, roda gigi, dan kopling dan juga berperan sebagai elemen penerus daya dan putaran dari mesin penggerak<sup>4</sup>.

Beban yang bekerja pada poros dibedakan menjadi 3 macam, yaitu<sup>5</sup> :

- a. Poros yang menerima beban momen puntir (torsi) saja.
- b. Poros yang menerima beban momen lentur saja.
- c. Poros yang menerima kombinasi beban torsi dan momen lentur.

---

<sup>4</sup> Hery, Sonawan, *Perencanaan Elemen Mesin*. (Jakarta: Alfabeta, 2010), h.31

<sup>5</sup> *Ibid.* h. 34

Poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya sebagai berikut, yaitu<sup>6</sup> :

a. Poros Transmisi

Poros macam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk, sproket rantai dan lain lain.

b. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindel. Syarat yang harus dipenuhi adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

c. Gandar

Gandar seperti yang dipasang di antara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar disebut gandar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga.

---

<sup>6</sup> Sularso, Suga Kiyokatsu, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, (Jakarta: Pradnya paramita, 2004), h. 1

Untuk merencanakan sebuah poros, hal-hal penting yang perlu diperhatikan yaitu<sup>7</sup> :

a. Kekuatan poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur atau gabungan antara puntir dan lentur. Juga ada poros yang mendapat beban tarik atau tekan.

Kelelahan, tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros memiliki alur pasak, harus diperhatikan. Sebuah poros harus direncanakan hingga cukup kuat untuk menahan beban-beban di atas.

b. Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros memiliki kekuatan yang cukup, tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidak telitian atau getaran dan suara. Karena itu, disamping kekuatan poros, kekakuannya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan macam mesin yang akan dilayani poros tersebut.

c. Putaran kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritisnya.

---

<sup>7</sup> *Ibid.*

d. Korosi

Bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk poros propeler dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros-poros yang terancam kavitasi, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama.

e. Bahan poros

Poros untuk mesin umum biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan difinis, baja karbon kotruksi mesin (disebut bahan S-C)

Daya yang besar mungkin diperlukan pada saat *start*, atau mungkin beban yang besar terus bekerja setelah *start*. Dengan demikian sering kali diperlukan faktor koreksi, nilai faktor koreksi ditentukan oleh daya yang akan ditransmisikan seperti yang ditunjukkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Faktor-faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan,  $f_c^8$

Daya yang akan ditransmisikan	$f_c$
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 - 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 - 1,2
Daya normal	1,0 - 1,5

Jika  $P$  adalah daya nominal *output* dari motor penggerak, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil.

---

<sup>8</sup> *Ibid.* h. 7



Jika faktor koreksi adalah  $f_c$  maka daya rencana  $P_d$  (kW) dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$P_d = f_c \cdot P \text{ (kW)} \dots\dots\dots(1)^9$$

Dimana :  $P_d$  = Daya rencana (kW)

$f_c$  = Faktor koreksi (Tabel 1)

$P$  = Daya nominal *output* motor penggerak (kW)

Jika momen puntir (disebut juga sebagai momen rencana) adalah  $T$  (kg.mm) maka,

$$P_d = \frac{(T/1000)(2\pi n_1/60)}{102} \dots\dots\dots(2)^{10}$$

sehingga

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \dots\dots\dots(3)^{11}$$

Dimana :  $T$  = Torsi (Kg.mm)

$P_d$  = Daya rencana (kW)

$n_1$  = Putaran *output* motor penggerak (rpm)

Besarnya  $\tau_{\max}$  yang dihasilkan harus lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan ( $\tau_a$ ). Persamaan tegangan geser yang diizinkan ( $\tau_a$ ) yaitu :

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{S_{12}} \dots\dots\dots(4)^{12}$$

---

<sup>9</sup> *Ibid.*

<sup>10</sup> *Ibid.*

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> *Ibid.* h. 8

Dimana :  $\sigma_B$  = Kekuatan tarik ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $Sf_1$  = Faktor keamanan bahan  
 $Sf_2$  = Faktor keamanan terhadap pengaruh pengaruh  
pada poros.

Tegangan Geser yang diizinkan ( $\tau_a$ ) dihitung atas dasar kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 45% dari kekuatan tarik  $\sigma_B$  ( $\text{kg/mm}^2$ ). Jadi batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik  $\sigma_B$ , sesuai standar ASME. Untuk harga 18% ini faktor diambil sebesar  $1/0,18 = 5,6$ . Harga 5,6 ini diambil untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin dan 6,0 untuk bahan S-C dengan pengaruh masa, dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan dengan  $Sf_1$ . Selanjutnya perlu ditinjau tentang pengaruh alur pasak atau poros dibuat bertangga, pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar singga perlu diambil faktor  $Sf_2$  dengan harga 1,3 sampai 3,0. Pada poros yang pejal dengan penampang bulat,  $\sigma = 32M/\pi d_s^3$  dan  $\tau = 16T/\pi d_s^3$  sehingga

$$\tau_{\max} = (5,1/d_s^3) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \dots\dots\dots (5)^{13}$$

Dimana :  $d_s$  = Diameter poros (mm)  
 $K_m$  = Koreksi momen lengkungan  
 $M$  = Momen lentur ( $\text{kg.mm}$ )  
 $K_t$  = Koreksi momen puntir  
 $T$  = Torsi ( $\text{kg.mm}$ )

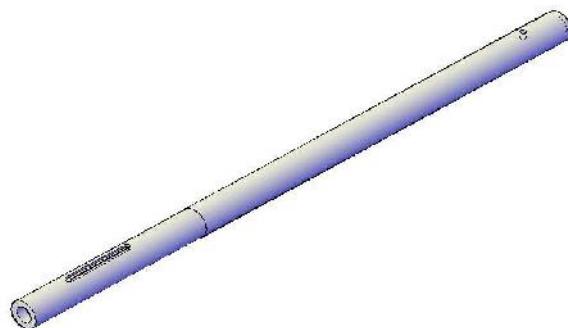
---

<sup>13</sup> *Ibid.* hal. 18

Faktor koreksi momen puntir yang dianjurkan ASME<sup>14</sup>. Faktor ini dinyatakan dengan  $K_t$ , dipilih 1,0 jika beban dikenakan halus, 1,0 – 1,5 jika beban dikenakan sedikit kejutan, 1,5 – 3,0 jika beban dikenakan kejutan atau tumbukan besar

Sedangkan faktor koreksi lengkungan dinyatakan dengan  $K_m$ , pada poros yang berputar dengan pembebanan momen lentur tetap, besarnya faktor  $K_m$  adalah 1,5. Untuk beban dengan tumbukan ringan  $K_m$  terletak antara 1,5 – 2,0 dan untuk beban dengan tumbukan berat  $K_m$  terletak antara 2,0 – 3,0.

Poros yang akan digunakan dalam perencanaan pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* ini adalah menggunakan spesifikasi bahan Baja karbon S45C dengan kekuatan tarik 58 kg/mm<sup>2</sup>. Dimensi ukuran pada poros utama yaitu dengan diameter luar poros 50,8 mm, diameter dalam poros 29 mm dan panjang poros 1100 mm. Poros selanjutnya dibubut untuk membuat tempat dudukan bearing, sproket dan puli dengan diameter 50 mm dengan panjang bubutan 350 mm.



**Gambar 6.** Poros Utama

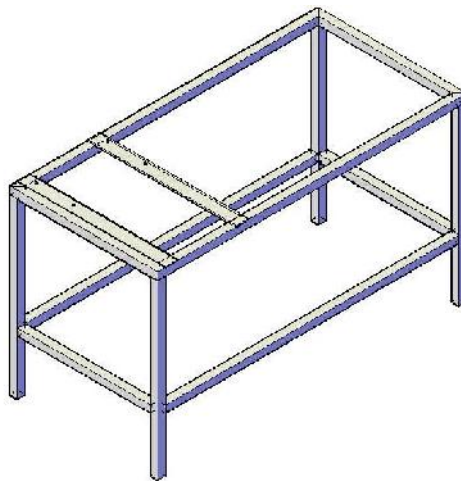
---

<sup>14</sup> *Ibid.*

## 2. Rangka

Rangka merupakan komponen yang memiliki fungsi penting. Hal itu karena rangka merupakan komponen yang menopang dari seluruh komponen pendukung mesin *bending heat exchanger vertical*. Perancangan rangka merupakan rancangan konstruksi awal, karena rancangan didasarkan atas kemampuan dan kekuatan untuk menahan beban bagi komponen-komponen lainnya, seperti : motor listrik, *speed reducer*, poros utama, poros pembawa, bantalan (*bearing*), sproket rantai, puli sabuk dan plat dudukan motor listrik.

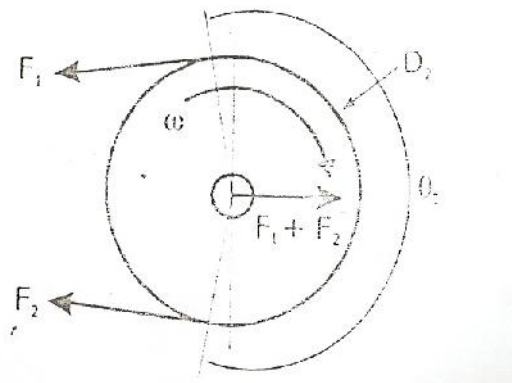
Spesifikasi bahan rangka yang direncanakan dalam pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* yaitu menggunakan bahan baja profil jenis St 41, yaitu baja profil hollow 30 mm x 30 mm dengan ketebalan 1,5 mm dan besi siku berukuran 50 mm x 50 mm dengan ketebalan 4 mm.



**Gambar 7.** Rangka

### 3. Puli sabuk

Sabuk merupakan elemen penerus daya yang melilit pada sepasang puli. Puli sendiri duduk pada poros utama. Selama meneruskan daya sabuk digerakan oleh puli penggerak dan akhirnya memutar puli yang digerakan. Ketika digunakan sebagai penurun putaran, puli lebih kecil terpasang pada poros kecepatan tinggi sedangkan puli yang besar terpasang pada poros yang digerakan.



**Gambar 8.** Gaya-gaya pada sabuk

Besar ratio  $F_1$  dan  $F_2$  untuk sistem tranmisi puli sabuk biasanya sebesar 5 sehingga  $F_1 = 5 \times F_2$ . Penjumlahan dari kedua gaya itu akan menyebabkan lenturan pada poros<sup>15</sup>.

$$\overline{FP} = \overline{F1} + \overline{F2} \dots\dots\dots(6)^{16}$$

Karena menghitung gaya  $F_1$  dan  $F_2$  relatif sulit maka didefinisikan gaya lainnya yang merupakan selisih dari gaya  $F_1$  dan  $F_2$ . Selisih dari kedua gaya ini sama dengan hasil pembagi dari torsi terhadap diameter puli sebagai berikut.

$$\text{Torsi, } T = (F_1 - F_2) \cdot D/2$$

<sup>15</sup> Hery. Sonawan, *Op.cit.*, h. 42

<sup>16</sup> *Ibid.*

$$\text{Daya, } P = T \cdot \omega = 2\pi \cdot n \cdot T / 60$$

$$\text{Karena } F_1 = 5 \times F_2$$

$$\text{Maka } F_2 = T/2D \text{ dan } F_1 = 2,5T/D \dots\dots\dots(7)^{17}$$

#### 4. Pasak (*Spie*)

Pasak (*Spie*) adalah sebuah elemen mesin berbentuk silindrik, balok kecil atau silindrik tirus yang berfungsi sebagai penahan elemen seperti puli, sproket roda gigi atau kopling pada poros<sup>18</sup>. Besarnya gaya geser pada pasak sangat tergantung besarnya daya dan putaran yang ditransmisikan melalui poros.

Macam-macam pasak (*spie*) berdasarkan bentuk penampangnya adalah sebagai berikut :

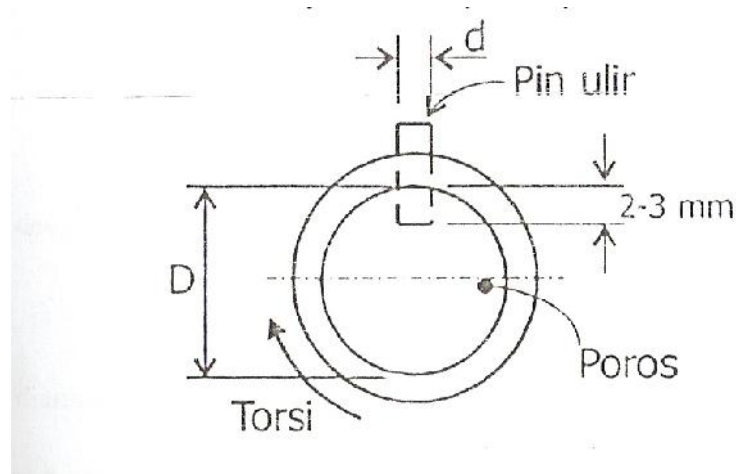
- a. Pasak parallel persegi/ Bujursangkar
- b. Pasak pin (Pasak pin silindrik, Pasak pin kerucut, dan Pasak pin koter)
- c. Pasak pin ulir

Untuk menganalisis gaya-gaya dan tegangan pada pasak pin ulir dapat menerapkan analisis pasak pin biasa. Namun, pada saat menghitung tegangan gesernya tidak melibatkan dua ruas penampang geser melainkan cukup satu bidang luas saja.

---

<sup>17</sup> *Ibid.*

<sup>18</sup> *Ibid*, h. 51



**Gambar 9.** Pasak pin ulir

Gaya tangensial yang terjadi adalah sebagai berikut :

$$F_t = \frac{2T}{D} \dots\dots\dots (8)^{19}$$

Tegangan geser pada pasak pin ulir hanya terjadi pada sebuah penampang saja.

$$\tau = \frac{F_t}{A_s} = \frac{2T}{D(\pi d^2/4)} \dots\dots\dots (9)^{20}$$

Apabila tegangan geser yang terjadi pada persamaan diatas diganti oleh tegangan yang diizinkan maka persamaan untuk menghitung diameter pasak pin ulir adalah :

$$d = \sqrt{\frac{16T \times FS}{D(\pi \cdot S_y)}} \dots\dots\dots (10)^{21}$$

<sup>19</sup> Ibid. h. 61

<sup>20</sup> Ibid.

<sup>21</sup> Ibid.

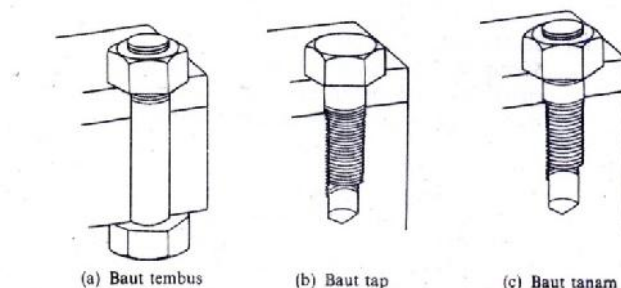
## 5. Baut dan Mur

Baut adalah as pejal yang terdiri dari satu ujung berulir dan satu ujung lain memiliki kepala<sup>22</sup>. Proses penyatuan tiap-tiap komponen agar menjadi sebuah alat yang dapat berfungsi maka di butuhkan sambungan. Cara menyambung bagian-bagian komponen ada yang disambung mati, dengan di las atau di keling, ada pula yang dapat dilepas, dan ada pula yang harus dapat bergerak/berputar yaitu menggunakan mur dan baut.

Baut dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian, yaitu:<sup>23</sup>

### a. Baut penjepit

- 1) Baut tembus, untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, dimana jepitan diketatkan dengan sebuah mur.
- 2) Baut tap, untuk menjepit dua bagian, dimana jepitan diketatkan dengan ulir yang ditapkan pada salah satu bagian.
- 3) Baut tanam, merupakan baut tanpa kepala dan diberi ulir pada kedua ujungnya. Untuk dapat menjepit dua bagian, baut dapat ditanam pada salah satu bagian yang mempunyai lubang berulir, dan jepitan diketatkan dengan sebuah mur.



**Gambar 10. Baut Penjepit<sup>24</sup>**

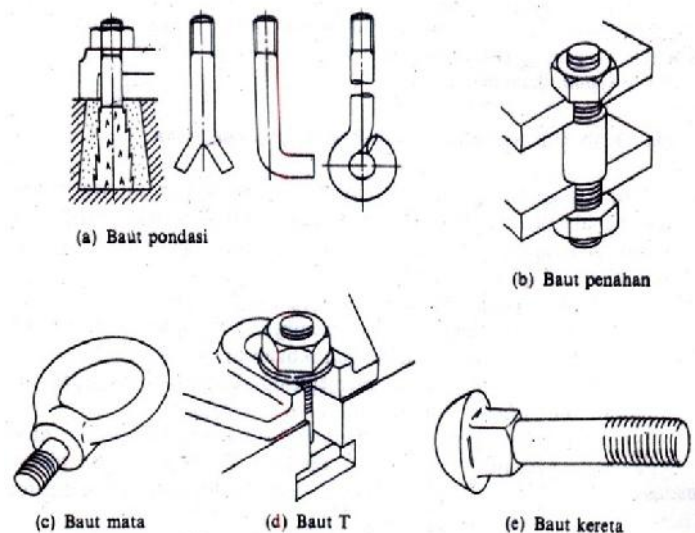
<sup>22</sup> *Ibid.* h. 67

<sup>23</sup> Sularso, Suga Kiyokatsu. *Op.cit*, h. 293.



b. Baut untuk pemakaian khusus

- 1) Baut pondasi, untuk memasang mesin atau bangunan pada pondasinya. Baut ini ditanam pada pondasi beton, dan jepitan pada bagian mesin atau bangunan diketatkan dengan mur.
- 2) Baut penahan, untuk menahan dua bagian dalam jarak yang tetap.
- 3) Baut mata atau baut kait, dipasang pada bahan mesin sebagai kaitan untuk alat pengangkat.
- 4) Baut T, untuk mengikat benda kerja atau alat pada meja atau dasar yang mempunyai alur T, sehingga letaknya dapat diatur.
- 5) Baut kereta, banyak dipakai pada badan kendaraan, bagian persegi di bawah kepala dimasukkan ke dalam lubang persegi yang pas sehingga baut tidak ikut berputar pada waktu mur diketatkan atau dilepaskan.



**Gambar 11.** Macam-macam baut untuk pemakaian khusus<sup>25</sup>

<sup>24</sup> *Ibid.*

<sup>25</sup> *Ibid.*, h. 294

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor harus diperhatikan seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian, dan lain-lain.

Gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa<sup>26</sup> :

- a. Beban statis aksial murni.
- b. Beban aksial, bersama dengan beban puntir.
- c. Beban geser.
- d. Beban tumbukan aksial.

Penyambungan menggunakan mur dan baut berdasarkan pembebanannya dibagi dua yaitu :

- a. Pembebanan Memanjang

Pembebanan memanjang disebabkan oleh pemasangan beban pada baut terjadi gaya memanjang<sup>27</sup>.

- b. Pembebanan Melintang

Pembebanan melintang terjadi bila kita menyambung dua buah pelat dengan menggunakan baut, sedangkan pada pelat-pelat tadi bekerja gaya-gaya tarik kesamping<sup>28</sup>.

## 6. Bantalan (*Bearing*)

Bantalan adalah elemen mesin yang berfungsi untuk menahan (*support*) beban pada saat dua elemen mesin saling bergerak relatif<sup>29</sup>.

Bantalan dipergunakan untuk menahan berbagai pemindah daya tetap

---

<sup>26</sup> Ibid, h. 296

<sup>27</sup> Sukrisno.Umar, *Bagian-bagian Mesin dan Merencana* (Jakarta: Erlangga, 1984), h. 9

<sup>28</sup> Ibid, h. 14

<sup>29</sup> Hery. Sonawan, *Op.cit.*, h. 81

ditempatnya. Bantalan dibuat untuk menerima beban radial murni, beban aksial murni, atau gabungan kedua-duanya<sup>30</sup>.

Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin bekerja dengan baik. Dalam perencanaan bantalan harus mempertimbangkan hal-hal seperti pembebanan lelah, gesekan, panas, ketahanan terhadap korosi, sifat bahan terhadap pelumasan, toleransi pengerjaan mesin, pemasangan pemakaian dan biaya yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan.

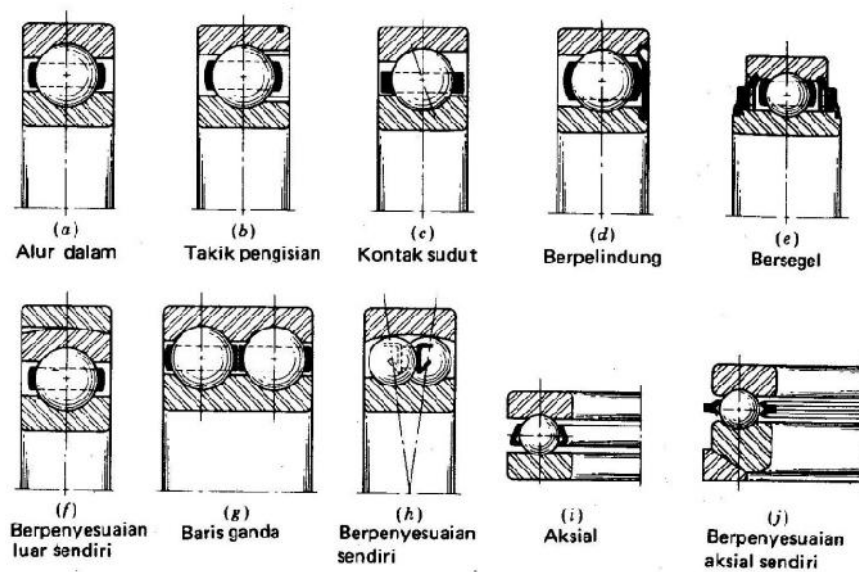


**Gambar 12.** *Fillow Block*

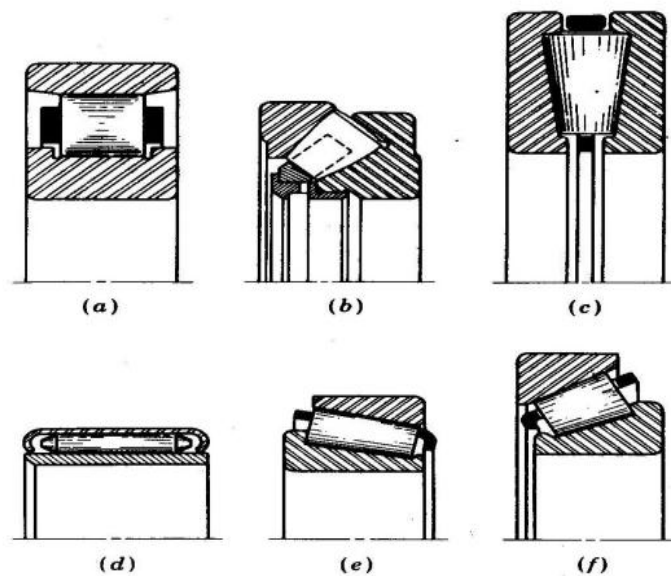
Beberapa jenis bantalan yang distandarisasikan yang dibuat terlihat pada gambar berikut ini.

---

<sup>30</sup> Joseph E. S, and Larry D. M, *Perencanaan Teknik Mesin*. Jld. 2 (Jakarta : Erlangga, 1994) h.47



**Gambar 13.** Berbagai jenis bantalan peluru<sup>31</sup>



**Gambar 14.** Jenis-jenis bantalan rol: (a) rol lurus, (b) rol aksial berbentuk bola, (c) rol aksial kerucut, (d) rol jarum, (e) rol kerucut, (f) rol kerucut

bersudut curam.<sup>32</sup>

<sup>31</sup> *Ibid.*, h. 48.

<sup>32</sup> *Ibid.* h. 49.

Perencanaan atau pemilihan bantalan dilakukan setelah mendapatkan dimensi poros serta disesuaikan dengan beban / gaya yang terjadi dimana bantalan itu akan dipasang.

- a. Beban Aksial yaitu beban yang bekerja sejajar dengan sumbu poros. Beban ini dihasilkan dari komponen seperti roda gigi miring, roda gigi cacing dan roda gigi kerucut.
- b. Beban Radial yaitu beban yang bekerja kearah pusat bearing sepanjang jari – jarinya. Beban ini dihasilkan oleh komponen penerus daya seperti roda gigi lurus, penggerak sabuk – V dan penggerak rantai.

Hal-hal penting dalam perencanaan bantalan radial

- a. Beban Bantalan

$$W = w.l \dots\dots\dots (11)^{33}$$

- b. Besarnya momen lentur maksimum yang ditimbulkan oleh gaya-gaya di atas adalah :

$$M = \frac{wl^2}{2} = \frac{Wl}{2} \dots\dots\dots (12)^{34}$$

- c. Besarnya momen tahanan lentur untuk poros lingkaran pejal adalah

$$Z = \frac{\pi d^3}{32} \text{ dan } M = \sigma_{\alpha} \cdot Z, \text{ dimana } \sigma_{\alpha} (\text{kg/mm}^2) \text{ adalah tegangan lentur}$$

yang diizinkan. Maka :

$$\frac{Wl}{2} = \sigma_{\alpha} \left( \frac{\pi d^3}{32} \right)$$

$$l = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{\sigma_{\alpha}}{W} \cdot d^3 = \frac{1}{5,1} \cdot \frac{\sigma_{\alpha}}{W} \cdot d^3 = l_{max}$$

<sup>33</sup> Sularso, Suga Kiyokatsu. *Op.cit*, h. 107

<sup>34</sup> *Ibid.* h. 108

$$d = \sqrt[3]{\frac{51Wl}{\sigma_{\alpha}}} \dots\dots\dots (13)^{35}$$

d. Tekanan Bantalan

$$p = \frac{W}{ld} \dots\dots\dots (14)^{36}$$

## 7. Rantai dan Sproket

Sproket adalah roda gigi yang juga berfungsi untuk meneruskan putaran dan daya melalui rantai yang membelitnya<sup>37</sup>. Rantai dapat dibagi dua jenis, yaitu :

- a. Rantai Rol yang terdiri atas pena, bus, rol dan plat mata rantai.
- b. Rantai Gigi yang terdiri atas plat – plat berprofil roda gigi dan pena pembentuk bulan sabit yang disebut sambungan kunci.

Rantai dan sprocket tidak sekedar meneruskan daya dan putaran tetapi sering juga digunakan sebagai *speed reducer* untuk menurunkan putaran. Selama beroperasi sebagai penurun putaran sprocket kecil berperan sebagai penggerak dan sprocket besar sebagai objek yang digerakan.

Gaya yang bekerja pada sprocket merupakan gaya tangensial. Jika sproket besar memiliki diameter sebesar DA dan DB untuk diameter sprocket besar kemudian pada sprocket terdapat torsi yang berasal dari daya dan putaran penggerak maka gaya tangensial dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

---

<sup>35</sup> *Ibid.*

<sup>36</sup> *Ibid.* h. 109

<sup>37</sup> Hery. Sonawan, *Op.cit.*, h. 44

$$F_t = \frac{TA}{Df/2} = \frac{TB}{DE/2} \dots\dots\dots(15)^{38}$$

## 8. Motor Listrik

Motor listrik adalah suatu alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak/putar

. Menurut jenisnya motor listrik terbagi dua, yaitu motor listrik arus bolak-balik (AC) dan motor listrik arus searah (DC).

Pada motor listrik arus searah, apabila kutub arus pada motor listrik yang dihubungkan ke sumber arus di balik (kutub positif pada motor listrik dihubungkan ke kutub negatif sumber arus listrik, begitu juga sebaliknya) maka arah putaran dari motor listrik tersebut akan berubah.

Motor listrik mempunyai keuntungan sebagai berikut :

- a. Dapat dihidupkan dengan hanya memutar saklar
- b. Suara dan getaran tidak menjadi gangguan
- c. Udara tidak ada yang dihisap, juga tidak ada gas buang

Daya yang bekerja pada motor listrik adalah :

$$P = V.I \dots\dots\dots(16)$$

Keterangan : P = Daya motor (Watt)

V = Tegangan motor (Volt)

I = Arus yang digunakan (Ampere)

Torsi yang dihasilkan motor listrik adalah :

$$T = \frac{P}{2\pi.n} \dots\dots\dots(17)^{39}$$

---

<sup>38</sup> *Ibid.* h. 46

Dimana  $n = N/60$  sehingga,:

$$T = \frac{P}{2\pi \cdot N/60}$$

Atau

$$T = \frac{60P}{2\pi \cdot N}$$

Keterangan : T = Torsi (Nm)

P = Daya motor (Watt)

N = Putaran (rpm)

#### D. Perhitungan Biaya Produksi

Analisis Biaya Volume Laba (BVL) merupakan metode untuk menganalisis bagaimana keputusan operasi dan keputusan pemasaran mempengaruhi laba bersih, berdasarkan pemahaman hubungan antara biaya variabel, biaya tetap, harga jual per unit dan tingkat output<sup>40</sup>. Analisis Biaya Volume Laba dapat diterapkan dalam banyak hal :

1. Menentukan harga jual produk atau jasa
2. Memperkenalkan produk atau jasa baru
3. Mengganti peralatan
4. Memutuskan apakah produk atau jasa yang ada dibuat di dalam perusahaan atau dibeli dari luar perusahaan
5. Melakukan analisis apa yang dilakukan – jika.

---

<sup>39</sup> Yon Rijono. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, (Yogyakarta : Andi, 1997), h. 176

<sup>40</sup> Blocher, Chen, Lin. *Manajemen Biaya*, terj A. Susty Ambarriani, (Jakarta : Salemba Empat, 2000), h. 308



Analisis Biaya Volume Laba adalah metode dasar untuk menganalisis bagaimana hubungan antara tiga faktor yaitu biaya, pendapatan dan laba. Model BVL<sup>41</sup> adalah :

$$\text{Laba} = \text{Pendapatan} - \text{Biaya Total}$$

Biaya total terdiri dari berbagai macam biaya seperti biaya pembuatan alat, biaya operasional, biaya penyusutan (*depresi*) dan biaya perawatan (*maintenance*). Pengambilan prosentasi *depresi* alat sebesar 20% dan *maintenance* 10% setiap tahun dari total biaya pembuatan alat<sup>42</sup>.

Metode *payback period* (periode *payback*) adalah suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan “*proceeds*” atau aliran cash neto (*net cash flows*)<sup>43</sup>. Dengan demikian *payback period* dari suatu investasi menggambarkan panjangnya waktu yang diperlukan agar dana yang tertanam pada suatu investasi dapat diperoleh kembali seluruhnya. Apabila *proceeds* setiap bulannya sama jumlahnya, maka *payback period* dari suatu investasi dapat dihitung dengan cara membagi jumlah investasi dengan *proceeds* bulanan.

---

<sup>41</sup> *Ibid.*

<sup>42</sup> Eddy Herjanto. *Manajemen Operasi*, (Jakarta : Grasindo, 2007), h. 153

<sup>43</sup> Bambang Riyanto. *Dasar Dasar Pembelajaran Perusahaan*, (Yogyakarta : BPFE Yogyakarta, 2008), h. 24

### **BAB III**

#### **METODOLOGI PERANCANGAN**

##### **A. Tujuan Perancangan**

Perancangan ini bertujuan untuk membuat mesin *bending heat exchanger vertical* sebagai alat bantu aktifitas produksi. Mesin *bending heat exchanger vertical* merupakan alat untuk melengkungkan pipa tembaga sebagai bahan utama *heat exchanger* yang dilengkungkan menjadi bentuk *helix* dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Perancangan ini diharapkan dapat membantu perusahaan X dalam memproduksi *heat exchanger vertical* dengan tujuan dapat digunakan oleh satu operator, tidak melelahkan untuk operator, mempercepat waktu pengerjaan dan memperbaiki hasil prosuk yang dihasilkan. Selain itu, sebagai pembelajaran bagi penulis dan pembaca dalam mengaplikasikan ilmu dan ide-ide keteknikan yang dipelajari selama perkuliahan sehingga dapat bermanfaat

##### **B. Tempat dan Waktu Perancangan**

Perancangan dan pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* ini akan dilakukan di laboratorium jurusan teknik permesinan, SMK Negeri 1 Kota Bekasi, Jalan Bintara VIII No.2 Bintara Bekasi Barat. Dasar pemilihan tempat adalah karena tersedianya sarana dan fasilitas serta pembimbing yang mendukung untuk menyelesaikan perancangan ini, sedangkan waktu yang digunakan untuk perancangan ini adalah selama Mei sampai Juli 2012/2013.

### C. Metode Perencanaan

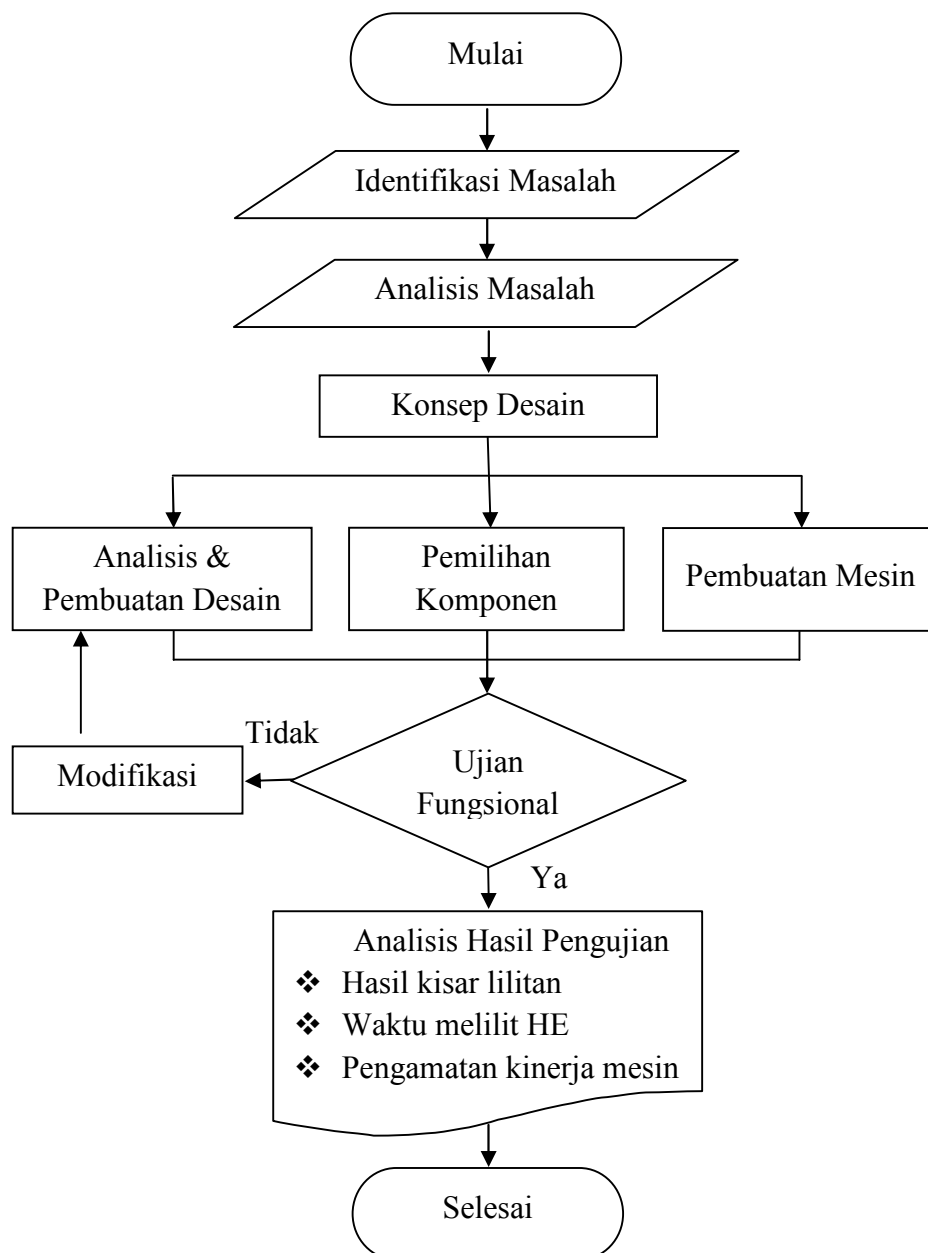
Metode yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* adalah metode eksperimen. Eksperimen dilakukan di laboratorium produksi SMK Negeri 1 Kota Bekasi untuk mendapatkan data-data dasar serta memperjelas permasalahan untuk kemudian melakukan perancangan. Observasi dilakukan pada perusahaan X untuk mengetahui kendala-kendala yang dihadapi dalam produksi *heat exchanger vertical*. Tujuan dari observasi ini adalah untuk mendapatkan data-data dalam perencanaan pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* serta perencanaan pengembangan rancangan alat *bending* manual yang lebih praktis. Setelah proses pembuatan selesai kemudian diuji untuk mengetahui apa mesin *bending heat exchanger* bekerja dengan baik sesuai perencanaan.

### D. Fungsi Alat

Fungsi dasar mesin ini adalah untuk mengurangi kesulitan dalam membuat *heat exchanger vertical* berbentuk *helix*. Mesin ini merupakan pengembangan dari alat yang sudah ada untuk mengatasi kendala-kendala yang dihadapi sehingga dilakukan beberapa perubahan desain. Dibandingkan menggunakan alat yang bekerja secara manual, penggunaan mesin ini akan meningkatkan efektifitas kerja dan produk yang dihasilkan.

### E. Tahap Perancangan *Mesin Bending Heat Exchanger Vertical*

Tahapan perencanaan ini merupakan langkah awal dalam merancang dan membuat mesin *bending heat exchanger vertical*. Alur perancangan dapat dijelaskan secara sederhana dalam bentuk *flow chart* seperti yang terdapat dibawah ini.



**Gambar 15.** *Flow chart*

## 1. Observasi

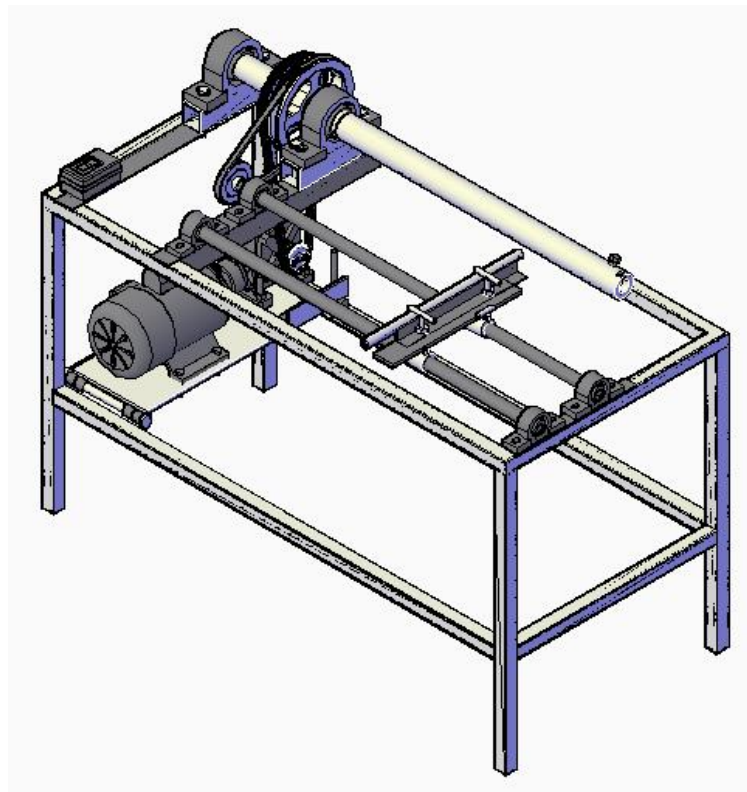
Mesin *bending heat exchanger vertical* merupakan modifikasi atau pengembangan dari alat yang sudah ada, sehingga perlu dilakukan pengamatan mengenai prinsip kerja alat yang ada dan kendala-kendala yang dihadapi. Observasi dilakukan untuk mendapatkan data sebagai dasar perencanaan dan perancangan alat yang lebih efektif.

## 2. Studi Pustaka

Sebelum melakukan perancangan, terlebih dahulu mempelajari mengenai hal-hal yang berkaitan dengan perencanaan mesin *bending heat exchanger vertical*. Selanjutnya melalui tahap perencanaan dan perhitungan sehingga dapat ditentukan spesifikasi bahan dan jumlah kebutuhan bahan yang diperlukan untuk membuat mesin *bending heat exchanger vertical*. Perencanaan dan perhitungan dilakukan berdasarkan studi pustaka yang telah dilakukan.

## 3. Konsep Desain

Konsep desain merupakan tahap perancangan mesin *bending heat exchanger vertical*. Konsep desain meliputi prinsip kerja, analisa kecepatan motor penggerak hingga keporos utama, bahan poros, transmisi yang digunakan, dan pembuatan mesin. Desain gambar dibuat menggunakan media berbasis komputer yaitu *software AutoCAD 2007*. Desain gambar dibuat untuk mengurangi kesalahan baik dalam pembuatan rangka, pemilihan dan penempatan komponen yang akan digunakan.



**Gambar 16.** Rancangan mesin *bending heat exchanger vertical*

Setelah melakukan perancangan dasar mesin *bending heat exchanger vertical*, berikutnya adalah menyiapkan komponen-komponen pendukung tersebut. Komponen-komponen pendukung mesin *bending heat exchanger vertical* ini antara lain adalah :

- 1) Poros utama, berfungsi untuk melengkungkan pipa tembaga dengan cara melilitnya. Pada poros utama pipa tembaga akan dililit dengan bantuan poros pembawa untuk mengatur jarak lilitan.
- 2) Poros pembawa, berfungsi untuk mengatur jarak lilitan yang dibuat berdasarkan perbandingan kecepatan putaran poros utama dengan kecepatan putaran pada poros pembawa. Poros pembawa terdiri dari poros berulir trapesium berfungsi sebagai eretan sehingga dapat

membawa input pipa tembaga pada jalurnya, dan poros pejal digunakan sebagai penahan agar perpindahan poros pembawa selalu tegak lurus.

- 3) Bearing berfungsi untuk bantalan penahan poros ada posisinya, mengurangi gesekan poros. Bearing yang digunakan sesuai kebutuhan yaitu dua bering ukuran dalam  $\varnothing 50$  mm dan 4 bearing ukuran dalam  $\varnothing 24$  mm.
- 4) Baut pengunci berfungsi untuk mengunci plat ke poros pembawa berulir sehingga bergerak sesuai kisaran ulir. Baut pengunci dilepas ketika proses telah selesai dan mengembalikannya pada posisi semula.
- 5) Rangka, merupakan tempat dudukan elemen–elemen mesin. Rangka yang digunakan untuk membuat mesin *bending heat exchanger vertical* adalah profil “□” ukuran 30 x 30 x 1.5 mm.
- 6) Motor Listrik, berfungsi sebagai penggerak poros utama dan komponen mekanik lainnya. Motor listrik yang digunakan adalah motor listrik 0,5 HP.
- 7) Sporket rantai, berfungsi pemindah daya dari *speed reducer* ke poros utama.
- 8) Puli sabuk, berfungsi sebagai pemindah daya dari poros utama ke poros pembawa.

## **F. Analisa**

Pengujian alat dilakukan dengan melakukan percobaan untuk mengetahui mesin dapat bekerja sesuai perencanaan. Selain itu mengamati kinerja mesin *bending heat exchanger vertical* dalam proses pembuatan *heat exchanger*, meliputi waktu proses pengerjaan, jarak kisar lilitan *heat exchanger* dan memberi informasi mengenai estimasi biaya produksi mesin ini. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengerjaan dengan alat manual.



## BAB IV

### ANALISIS DAN HASIL PERENCANAAN

#### A. Perhitungan Teoritis

Langkah awal dalam memulai perencanaan mesin *bending heat exchanger vertical* adalah menghitung daya motor yang dibutuhkan. Dalam menentukan besar daya motor maka dilakukan percobaan untuk mengetahui besarnya daya yang bekerja pada poros alat *bending* manual. Percobaan dilakukan dengan mengukur besarnya torsi yang dibutuhkan untuk dapat memutar poros dengan menggunakan kunci momen (*Torgue Wrench*). Berdasarkan percobaan telah dilakukan maka didapatkan hasil dalam tabel 2.

**Tabel 2.** Data hasil percobaan awal

No	Torsi (Nm)	Poros Utama
1	1,2	Tidak Bergerak
2	1,3	Tidak Bergerak
3	1,4	Tidak Bergerak
4	1,5	Tidak Bergerak
5	1,6	Tidak Bergerak
6	1,7	Tidak Bergerak
7	<b>1,8</b>	<b>Bergerak</b>
8	1,9	Bergerak
9	2,0	Bergerak
10	2,1	Bergerak

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan diketahui bahwa untuk memutar poros dibutuhkan torsi (T) sebesar 1,8 Nm maka selanjutnya untuk menentukan daya yang dibutuhkan oleh mesin *bending heat exchanger vertical* dapat menggunakan rumus (Halaman 24) sebagai berikut :

$$T = \frac{60P}{2\pi N}$$

Di mana : P = Daya motor (W)

T = Torsi = 1,8 Nm

N = Putaran motor = 1420 rpm

Sehingga  $P = \frac{T2\pi N}{60}$

$$P = \frac{1,8 \times 2 \times 3,14 \times 1420}{60}$$

$$P = \frac{16051,68}{60}$$

$$P = 267,528 \text{ Watt}$$

$$P = 267,5 \text{ Watt}$$

$$P = 0,2675 \text{ kW}$$

Jadi diketahui daya motor aktual yang dibutuhkan berdasarkan percobaan dilapangan adalah 0,2675 kW

## B. Perencanaan Daya Motor

### 1. Daya Rencana

Pemilihan motor listrik yang tepat harus sesuai dengan daya yang direncanakan. Sebelum menghitung daya rencana perlu diketahui daya *output* motor. Untuk mendapatkan daya *output* motor dalam satuan kW

maka daya motor dalam satuan HP (*Horse Power*) harus dikalikan dengan 0,735 sehingga didapatkan<sup>41</sup> :

$$P = 0,5 \text{ HP} \times 0,735 = 0,367 \text{ kW}$$

Setelah daya *output* diketahui dalam satuan kW, untuk faktor keamanan daya rencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Halaman 10) sebagai berikut :

$$P_d = f_c \times P \text{ (kW)}$$

Di mana :  $f_c$  = Faktor koreksi

$$P = 0,367 \text{ kW}$$

Sehingga :  $P_d = f_c \times P \text{ (kW)}$

$$P_d = 1,0 \times 0,367 \text{ kW}$$

$$\mathbf{P_d = 0,367 \text{ kW}}$$

Berdasarkan perhitungan daya rencana ( $P_d$ ) adalah sebesar 0,367 kW lebih besar dari daya aktual yang dibutuhkan yaitu sebesar 0,2675 kW sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa daya motor ini dapat digunakan sebagai daya penggerak.

## 2. Momen Puntir

Momen puntir disebut juga sebagai momen rencana motor yang dibutuhkan. Untuk mencari momen puntir perlu diketahui daya rencana dan putaran motor. Momen puntir dapat dihitung dengan menggunakan rumus (halaman 24) sebagai berikut :

---

<sup>41</sup> Suga Kiyokatsu, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Terj. Sularso, cetakan kesebelas, (Jakarta: Pradnya paramita, 1991), h. 7

$$T = \frac{60P}{2\pi N}$$

Di mana : P = Daya motor = 367 W

T = Torsi

N = Putaran motor = 1420 rpm

Sehingga  $T = \frac{60P}{2\pi N}$

$$T = \frac{60 \times 367}{2 \times 3,14 \times 1420}$$

$$T = \frac{22020}{8917,6}$$

$$\mathbf{T = 2,46Nm}$$

Berdasarkan perhitungan momen rencana ( $P_d$ ) adalah sebesar 2,46 Nm lebih besar dari torsi aktual yang dibutuhkan yaitu sebesar 1,8 Nm.

### 3. Rasio Putaran

Rasio putaran merupakan perbandingan putaran motor penggerak dengan putaran poros yang digerakkan. Pada mesin *bending heat exchanger vertical* terdapat beberapa rasio putaran, rasio putaran itu dihitung dengan rumus sebagai berikut :

a. Rasio putaran motor penggerak dengan *speed reducer*

$$\frac{n_1}{n_2} = i$$

Dimana :  $n_1$  = Putaran motor penggerak = 1420 rpm

$n_2$  = Putaran *output speed reducer*

$i$  = Perbandingan rasio *speed reducer* = 60

Sehingga :

$$\frac{1420}{n_2} = 60$$

$$n_2 = \frac{1420}{60}$$

$$n_2 = 23,66 \text{ rpm}$$

Jadi putaran *output speed reducer* adalah **23,66 rpm**

b. Rasio putaran *speed reducer* dengan poros utama

$$\frac{n_2}{n_3} = \frac{Z_3}{Z_2}$$

Dimana :  $n_2$  = Putaran *output speed reducer* = 23,66 rpm

$n_3$  = Putaran poros utama

$Z_2$  = Jumlah gigi di *speed reducer* = 14

$Z_3$  = Jumlah gigi di poros utama = 43

Sehingga :

$$\frac{23,66}{n_3} = \frac{43}{14}$$

$$n_3 = \frac{1331,24}{43}$$

$$n_3 = 7,70 \text{ rpm}$$

Jadi putaran poros utama adalah **7,70 rpm**

c. Rasio putaran poros utama dengan poros pembawa

$$\frac{n_3}{n_4} = \frac{d}{D}$$

Dimana :  $n_3$  = Putaran poros utama = 7,70 rpm

$n_4$  = Putaran poros pembawa

$d$  = Diameter puli di poros pembawa = 65 mm

$D$  = Diameter puli di poros utama = 183 mm

Sehingga :

$$\frac{7,7}{n_4} = \frac{65}{183}$$

$$n_4 = \frac{1423,13}{168}$$

$$n_4 = 21,6 \text{ rpm}$$

Jadi putaran poros pembawa adalah **21,6 rpm**

### C. Perencanaan Poros

Bahan poros yang akan digunakan pada mesin *bending heat exchanger vertical* ini adalah S 45 C, dimana bahan poros S 45 C memiliki kekuatan tarik  $\sigma_B = 58 \text{ kg/mm}^2$ ,  $Sf_1 = 6$  (faktor keamanan 1) ,  $Sf_2 = 2$  (faktor keamanan 2). Poros ini diasusimkan akan mengalami beban ringan dan momen lentur yang tetap dengan faktor koreksi  $K_t = 1$  serta  $K_m = 1.5$  Untuk perencanaan poros perlu menentukan antara lain :

## 1. Momen puntir

Untuk menentukan momen puntir perlu diketahui daya rencana dan putaran motor penggerak. Momen puntir dapat dihitung menggunakan rumus (halaman 10) sebagai berikut :

$$P_d = \frac{(T/1000) (2\pi r_1/60)}{102}$$

atau

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

Dimana :  $P_d = 0,367 \text{ kW}$

$n_1 = 1420 \text{ rpm}$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,367 \text{ kW}}{1420 \text{ rpm}}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times 2,584 \cdot 10^{-4} \text{ kg. mm}$$

$$\mathbf{T = 251,730 kg mm \approx 252 kg.mm}$$

Momen puntir (T) pada perencanaan poros ini sebesar 252 kg. mm

## 2. Tegangan geser yang diizinkan (halaman 10):

$$\tau_a = \frac{CB}{S_1 \times S_2}$$

$$= \frac{58}{6 \times 2} = \mathbf{4,83 \text{ Kg/mm}^2}$$

Tegangan geser ( $\tau_a$ ) yang diizinkan pada perencanaan poros ini sebesar

4,83 Kg/mm<sup>2</sup>

### 3. Diameter Poros

Dari data berikut momen lentur (M) adalah 1,8 Nm = 183 kg.mm, faktor koreksi pembebanan momen lentur tetap ( $K_m$ ) = 1,5, sedangkan factor koreksi untuk beban dengan tumbukan ringan ( $K_t$ ) = 1 serta Momen puntir (T) = 252 kg.mm sehingga diameter poros ( $d_s$ ) dapat dihitung dengan rumus (halaman 11) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_s &= \left| \left( \frac{51}{\tau_a} \right) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \right|^{1/3} \\
 &= \left| \left( \frac{5,1}{4,83} \right) \sqrt{(1,5 \times 183)^2 + (1 \times 252)^2} \right|^{1/3} \\
 &= \left| (1,05) \sqrt{(1,5 \times 183)^2 + (1 \times 252)^2} \right|^{1/3} \\
 &= \left| (1,05) \sqrt{(75350,25) + (63504)} \right|^{1/3} \\
 &= [(1,05)(372,63)]^{1/3} \\
 &= [391,26]^{1/3} = 7,31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapatkan Diameter poros ( $d_s$ ) = 7,31 mm, sedangkan poros pada mesin menggunakan poros pipa dengan diameter luar 50mm dan diameter dalam 29 mm ( $d = 50 - 29 = 21\text{mm}$ )

### D. Perencanaan Bantalan

Batalan yang digunakan pada mesin *bending heat exchanger vertical* ini berfungsi sebagai sebagai dudukan/penahan poros agar tetap pada posisinya. Dalam pemilihan bantalan disesuaikan dengan diameter poros yang dipakai, yaitu berukuran  $\varnothing$  50 mm. Jenis bantalan yang digunakan adalah



jenis bantalan tipe radial *Pillow block* (PSZ-P210) dengan diameter dalam 50 mm dan lebar 52 mm, dengan jumlah bantalan 2 buah terpasang pada sisi kiri dan sisi kiri tengah. Kekuatan bantalan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (halaman 22) :

$$\begin{aligned} W &= w.l \\ &= 0,01 \text{ kg/mm} \times 52 \text{ mm} \\ &= 5,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dimana :  $W$  = Beban bantalan (kg)

$w$  = Beban per satuan panjang (kg/mm)

$l$  = Panjang bantalan (mm)

Besarnya momen lentur maksimum yang ditimbulkan oleh gaya-gaya di atas adalah :

$$\begin{aligned} M &= \frac{w \times l^2}{2} = \frac{W.l}{2} \\ &= \frac{5,2 \times 52}{2} \\ &= 135,2 \text{ kg. mm} \end{aligned}$$

#### 1. Tekanan Bantalan

$$\begin{aligned} p &= \frac{W}{l.d} \\ &= \frac{5,2}{52 . 50} \\ &= 0,002 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Dimana :  $p$  = Tekanan bantalan (kg/mm<sup>2</sup>)

$W$  = Beban bantalan (kg)

$l$  = Panjang bantalan (mm)

$d$  = Diameter poros (mm)

### E. Perencanaan Pasak

Pada mesin *bending heat exchanger* menggunakan pasak pin ulir yang berfungsi untuk mengunci komponen komponen seperti *Flexible Couple*. Dalam perencanaan pasak ini menggunakan pasak jenis pin ulir dengan bentuk penampang lingkaran berulir.

Gaya geser yang bekerja pada pasak pin ulir mengalami gaya tangensial yang dihasilkan oleh torsi. Besarnya gaya tangensial ini dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} T &= F_t x \frac{D}{2} \\ F_t &= \frac{2T}{D} \\ &= \frac{2 (252)}{16} = \frac{504}{16} \\ &= 31,6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Tegangan geser pada pasak pin ulir ini hanya terjadi hanya terjadi pada sebuah penampang saja.

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{F_t}{A_s} \\ &= \frac{2T}{D x A_s} \\ &= \frac{2T}{D(\frac{\pi d^2}{4})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2(252)}{16\left(\frac{3,14(6)^2}{4}\right)} \\
 &= \frac{504}{452,16} = 1,11 \text{ Kg/mm}
 \end{aligned}$$

## F. Perencanaan Rangka

Dalam perencanaan rangka pada mesin *bending heat exchanger vertical* ini harus teliti, dikarenakan pada rangka ini harus mampu menahan beban dari motor listrik, poros utama, poros pembawa, *reducer*, Sproket rantai, bantalan (*bearing*), sabuk dan puli. Jenis bahan yang direncanakan dalam penggunaan rangka yaitu dengan menggunakan bahan baja profil jenis St 41, yaitu baja profil *hollow* 30 mm x 30 mm dengan ketebalan 1,5 mm dan besi siku berukuran 50 mm x 50 mm dengan ketebalan 4 mm. Ketepatan perencanaan dalam pembuatan rangka tersebut mempengaruhi dari efektivitas kerja dari mesin *bending heat exchanger vertical* dengan memperhatikan faktor keamanan dari rangka itu sendiri.

1. Tegangan tekan yang diizinkan pada rangka

$$\bar{\sigma}_d = \frac{d}{s}$$

$$\bar{\sigma}_d = \frac{41}{3}$$

$$\bar{\sigma}_d = 13,6 \text{ Kg/mm}^2$$

Keterangan :

$s$  = Faktor keamanan. Biasanya diambil diantara 2 – 5. Semakin besar angka faktor keamanan, ukuran bahan akan semakin besar dan berarti dari pandangan faktor ekonomis kurang menguntungkan.

2. Tegangan tekan aktual pada rangka

$$d = \frac{F}{A}$$

Dimana :

$d$  = Tegangan tekan yang diizinkan

$A$  = Luas penampang

$F$  = Beban motor penggerak + Beban *Speed Reducer* +  
Beban poros utama + Beban poros pembawa + Beban  
kopling + Beban *bearing* + Bebanudukan motor dan  
*Speed Reducer* + Beban sproket rantai + Beban puli

Beban keseluruhan dapat dihitung dengan menjumlahkan semua beban pada komponen-komponen mesin. Beban dari komponen yang dapat dihitung adalah sebagai berikut :

a) Beban motor penggerak

$$F = 12 \text{ Kg}$$

b) Beban *Speed Reducer*

$$F = 5 \text{ Kg}$$

c) Beban Poros Utama

$$F = \frac{1/4 \cdot (D-d)^2 \times 1 \times 7,8}{10^6}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0,785 \times [(508)^2 - (29)^2] \times 1100 \times 7,8}{10^6} \\
&= \frac{0,785 \times (258064 - 841) \times 1100 \times 7,8}{10^6} \\
&= \frac{0,785 \times 1739,64 \times 1100 \times 7,8}{10^6} \\
&= \frac{11.716.997,29}{10^6} \\
&= 11,71 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

d) Beban poros pembawa

$$\begin{aligned}
F &= \frac{1/4 \cdot d^2 \times l \times 7,8}{10^6} \\
&= \frac{0,785 \times (24)^2 \times 1100 \times 7,8}{10^6} \\
&= \frac{0,785 \times 576 \times 1100 \times 7,8}{10^6} \\
&= \frac{3.879.532,8}{10^6} \\
&= 3,8 \text{ Kg}
\end{aligned}$$

Karena menggunakan 2 poros pembawa maka total adalah  $2 \times 3,8 \text{ Kg} = 7,6 \text{ Kg}$ .

e) Beban kopling

$$F = 0,5 \text{ Kg}$$

f) Beban Bearing

1) Bearing poros utama

$$F = 2 \times 1,5 \text{ Kg} = 3 \text{ Kg}$$

## 2) Bearing poros pembawa

$$F = 4 \times 0,75 \text{ Kg} = 3 \text{ Kg}$$

g) Beban dudukan motor dan *Speed Reducer*

$$F = \frac{500 \times 200 \times 8 \times 7,8}{16} = 6,24 \text{ Kg}$$

## h) Beban sproket rantai

$$F = 1 \text{ Kg}$$

## i) Beban puli

$$F = 0,75 \text{ Kg} + 0,3 \text{ Kg} = 1,1 \text{ Kg}$$

Total beban pada mesin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F &= 12 \text{ Kg} + 5 \text{ Kg} + 11,71 \text{ Kg} + 7,4 \text{ Kg} + 0,5 \text{ Kg} + 6 \text{ Kg} + 6,24 \text{ Kg} + \\ &\quad 1 \text{ Kg} + 1,1 \text{ Kg} \\ &= \mathbf{50 \text{ Kg}} \end{aligned}$$

## 3. Menghitung luas penampang rangka yang menerima beban tekan

Dalam mesin *heat exchanger vertical* bahan rangka menggunakan Besi □ (*hollow*) dengan dimensi 30 x 30 x 1,5 mm. Luas penampang yang menerima beban tekan adalah :

$$\begin{aligned} A_1 &= 30^2 \times 27^2 \\ &= 900 \times 279 \\ &= 171 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena desain rangka terdapat empat buah kaki sebagai penopang rangka, maka beban tekan keseluruhan adalah :

$$\begin{aligned} A &= A_1 \times 4 \\ &= 171 \times 4 \\ &= 684 \text{ mm}^2 \approx 6,84 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi Tegangan Tekan :

$$\begin{aligned} d &= \frac{F}{A} \\ d &= \frac{50 \text{ Kg}}{6,84 \text{ cm}^2} \\ \sigma_d &= 7,3 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\bar{\sigma}_d$  = Tegangan tekan yang diizinkan ( $\text{Kg/mm}^2$ )

$\sigma_d$  = Tegangan tekan ( $\text{Kg/mm}^2$ )

F = Beban atau gaya yang harus ditahan (kg)

A = Luas penampang bahan ( $\text{mm}^2$ )

## G. Perbandingan Proses Kerja dan Perhitungan Biaya Produksi

### 1. Perbandingan Proses Kerja

Proses kerja alat *bending* manual dan mesin *bending heat exchanger vertical* berbeda. Perbedaan terletak pada tenaga penggerak, jumlah operator dan langkah-langkah dalam pelaksanaan proses *bending*. Adapun perbandingan keduanya dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

**Tabel 3.** Perbandingan waktu pengerjaan

No	Proses	Alat <i>Bending</i> Manual	Mesin <i>Bending Heat Exchanger Vertical</i>
1	Meluruskan pipa Cu yang masih dalam bentuk gulungan 15 m kemudian memotongnya	5 Menit	5 Menit
2	Setelah diluruskan pipa dibentuk dahulu menggunakan pembengkok pipa ( <i>tube bender</i> )	3 Menit	3 Menit
3	Seting jig yaitu membuka baut penahan,melepas stopper,menggeser poros utama,memasang stopper dan baut penahan	2 Menit	30 Detik
4	Proses bending satu operator memutar poros dan satu lagi memegang pipa Cu agar sesuai pada jalurnya yang ada pada poros utama	5 Menit	3 Menit
5	Melepaskan HE yang telah dibending meliputi membuka baut penahan,melepas stopper,menggeser poros utama,memasang stopper dan baut penahan	2 Menit	30 Detik
6	Meluruskan sisa pipa Cu dengan pembengkok pipa ( <i>tube bender</i> ) sehingga sejajar dengan pipa didalam lililan. Tujuan dibentuk sejajar untuk dudukan ketika di pasang <i>vertical</i>	3 Menit	3 Menit
<b>Jumlah waktu yang dibutuhkan</b>		<b>20 Menit</b>	<b>15 Menit</b>

Berdasarkan tabel 3 alat *bending* manual memerlukan waktu 20 menit dan mesin *bending heat exchanger vertical* memerlukan waktu 15 menit untuk membuat satu unit *heat exchanger vertical*. Terdapat pengurangan waktu produksi yang dibutuhkan dalam satu kali proses kerja yang akan berpengaruh terhadap peningkatan jumlah produksi.



## 2. Perhitungan Biaya Produksi

Biaya pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* pipa tembaga 3/8 in diuraikan dalam tabel sebagai berikut :

**Tabel 4.** Biaya pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical*

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Harga (Rp)
1	Hollow	30 x 30 x 3 mm/6 m	2 batang	210.000
2	Poros Pembawa	Ø 25 mm /1 m	1 buah	165.000
3	Poros Pembawa ulir	Ø 24 mm / 1 m	1 buah	120.000
4	Pipa Besi	Ø50,8 x 1000 mm	11,5 Kg	287.500
5	Pipa	Ø12 x 420 mm	1 buah	7.000
6	Bosh	Ø38 x 41 mm	1 buah	8.000
7	Bantalan Besar	UCP-210	2 buah	156.000
8	Bantalan kecil	ABS UCP 202-10	4 buah	100.000
9	Sproket Rantai	Honda GL Pro	1 set	50.000
10	Puli Besar	Ø 200 mm	1 buah	35 000
11	Puli Kecil	Ø 85 mm	1buah	25 000
12	Motor Listrik	0,5 Hp 220 - 240 V	1 unit	440.000
13	Speed Reducer	WPA 50 ratio 1:60	1 unit	375.000
14	Push Bottom Switch	BS-230	1 buah	48.000
15	Kabel Eterna	tunggal	2 meter	19.000
16	Flexible Couple	Tipe B 68	1 buah	50.000
17	Fitting	standar	1 buah	4.000
18	Sabuk V	Tipe A	1 buah	28.000
19	Plat L	50 x 50 x 600 mm	2 buah	60.000
		40 x 40 x 160 mm	1 buah	15.000
		28 x 28 x 325 mm	1 buah	10.000
20	Plat Potong	345 x 50 x 5 mm	1 buah	12.000
		Ø110 mm t = 30 mm	1 buah	50.000
		Ø30 mm t = 30 mm	1 buah	20.000
		500 x 200 x 8 mm	1 buah	78.000
21	Baut	M12 x 2	8 buah	4.000
		M10 x 1,5	8 buah	3.600
		M8 x 1	4 buah	1.600
		M8 x 1 (L)	3 buah	1.200
		M6 x 1 (L)	2 buah	800

22	Mur	M12 x 2	12 buah	4.800
		M10 x 1,5	8 buah	2.400
		M8 x 1	4 buah	1.200
23	Ring	Ø12,5	4 buah	3.200
		Ø10,5	8 buah	
		Ø8,5	4 buah	
24	Pengecatan	Tiner	4 liter	48.000
		Cat Hijau	1 kaleng	40.000
		Dempul Isamu	1 kaleng	18.000
25	Sewa Alat	Bubut, Milling, dll	14 Hari	500.000
<b>JUMLAH</b>				<b>3.001.300</b>

Selain itu terdapat biaya operasional yaitu biaya listrik sebagai pengganti perubahan dari sistem manual ke otomatis mesin *bending heat exchanger vertical* ini. Perhitungan biaya pemakaian listrik ketika menggunakan mesin adalah sebagai berikut :

Diketahui :

- Daya motor listrik 0,37 kW
- Tegangan motor listrik 220V – 240V
- Tarif / kWh Rp. 1.004,-
- Motor listrik hidup selama 3 Menit x 4 Unit / Jam x 8 Jam / Hari, maka didapatkan 96 Menit/Hari = 1,6 Jam / Hari
- Hari kerja = 24 hari / Bulan

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga : Tarif listrik / Jam} &= \text{Tarif / kWh} \times \text{Wattage} \\
 &= \text{Rp. 1.004,-} \times 0,37 \text{ kW} \\
 &= \text{Rp. 371,48}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tarif Listrik / Bulan} &= \text{Rp. 371,48} \times 1,6 \text{ Jam} \times 24 \text{ Hari} \\
 &= \text{Rp. 14.265,-}
 \end{aligned}$$

Biaya lain yang perlu dikeluarkan setiap bulan adalah biaya perawatan (*maintenance*) dan biaya penyusutan (*depresi*), seperti pada tabel dibawah ini :

**Tabel 5.** Biaya *Depresi* dan Biaya *Maintenance*

No	Satuan Nama Kegiatan	Rp/Bulan
1	Penyusutan Alat ( <i>Depresi</i> ) $\frac{20\% \times \text{Rp. 3.001.300}}{12}$	50.022,-
2	Perawatan Alat ( <i>Maintenance</i> ) $\frac{10\% \times \text{Rp. 3.001.300}}{12}$	25.011,-
<b>Jumlah</b>		<b>75.033,-</b>

Efektifitas dari alat *bending* manual dan mesin *bending heat exchanger vertical*. Dari tabel dibawah ini dijelaskan perbandingannya dalam upah tenaga kerja dan jumlah produksi.

**Tabel 6.** Perbandingan efektifitas mesin

No	Asumsi	Alat <i>bending</i> Manual	Mesin <i>bending heat exchanger vertical</i>
1	Jumlah Operator	2 Orang	1 Orang
2	Upah	Rp. 75.000 / Hari	Rp. 75.000 / Hari
3	Hari kerja / Bulan	24 Hari	24 Hari
4	Upah total	$(1) \times (2) \times (3)$ $2 \times 75.000 \times 24$ <b>Rp. 3.600.000 / Bulan</b>	$(1) \times (2) \times (3)$ $1 \times 75.000 \times 24$ <b>Rp. 1.800.000 / Bulan</b>
5	Waktu Pembuatan	20 Menit /Unit (3 Unit /Jam)	15 Menit / Unit (4 Unit / Jam)
6	Jam kerja /Hari	8 Jam	8 Jam
7	Jumlah produksi	$(3) \times (5) \times (6)$ $24 \times 3 \times 8$ <b>576 Unit / Bulan</b>	$(3) \times (5) \times (6)$ $24 \times 4 \times 8$ <b>768 Unit / Bulan</b>

Pendapatan diperoleh dari pengurangan jumlah operator (dari dua menjadi satu orang) dan peningkatan hasil produksi.

$$\begin{aligned}
 \text{Pendapatan} &= (\text{Rp. } 3.600.000 - \text{Rp. } 1.800.000) + \left( \frac{\text{Rp. } 180000}{768} \times 192 \right) \\
 &= \text{Rp. } 1.800.000 + \text{Rp. } 450.000 \\
 &= \text{Rp. } 2.250.000,-
 \end{aligned}$$

Analisa BVL adalah metode dasar untuk menganalisis bagaimana hubungan antara tiga faktor yaitu biaya, pendapatan dan laba. Model BVL adalah :

#### 1. Bulan Pertama

$$\begin{aligned}
 \text{Laba} &= \text{Pendapatan} - \text{Total Biaya} \\
 &= \text{Pendapatan} - (\text{Biaya pembuatan} + \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya lain}) \\
 &= 2.250.000 - (3.001.300 + 14.265 + 75.033) \\
 &= 2.250.000 - 3.090.598 \\
 &= - \text{Rp. } 840.598,-
 \end{aligned}$$

#### 2. Bulan Kedua

$$\begin{aligned}
 \text{Laba} &= \text{Pendapatan} - \text{Total Biaya} \\
 &= \text{Pendapatan} - (\text{Biaya pembuatan} + \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya lain}) \\
 &= 2.250.000 - (0 + 14.265 + 75.033) \\
 &= 2.250.000 - 89.298 \\
 &= \text{Rp. } 2.160.702,-
 \end{aligned}$$

### 3. Bulan Ketiga

$$\begin{aligned}
 \text{Laba} &= \text{Pendapatan} - \text{Total Biaya} \\
 &= \text{Laba Bulan Lalu} + \text{Pendapatan} - (\text{Biaya pembuatan} + \\
 &\quad \text{Biaya Listrik} + \text{Biaya lain}) \\
 &= 2.160.702 + 2.250.000 - (0 + 14.265 + 75.033) \\
 &= 2.160.702 + 2.250.000 - 89.298 \\
 &= \text{Rp. 4.321.404,-}
 \end{aligned}$$

*Payback Period* (Periode payback) menggambarkan panjangnya waktu yang diperlukan agar dana yang tertanam dapat diperoleh kembali seluruhnya. Maka *payback period* dapat dihitung dengan cara membagi jumlah investasi dengan pendapatan tiap bulan.

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Rp. 3001300}}{\text{Rp. 2250000}} = 1.33 \text{ Bulan}$$

Jadi dengan membuat dan mengganti mesin *bending* manual dengan mesin *bending heat exchanger vertical* perusahaan dapat memperoleh laba sebesar **Rp.2.250.000,-** perbulan dan modal pembuatan mesin *bending heat exchanger vertical* ini akan kembali dalam waktu **1,33 Bulan.**

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan data-data dan pembahasan yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan :

1. Mesin *bending heat exchanger vertical* merupakan mesin yang digunakan untuk melengkungkan pipa tembaga 3/8 in menjadi lilitan *helix* sesuai kebutuhan perusahaan.
2. Mesin *bending heat exchanger vertical* mempunyai dimensi panjang 1250 mm, lebar 600 mm, dan tinggi 850 mm.
3. Menggunakan motor listrik 0,5 Hp dengan kecepatan putaran 1420 rpm. Putaran ditransmisikan dengan sproket rantai keporos utama menjadi 7,70 rpm dan menggunakan puli sabuk ke poros pembawa hingga menjadi 21,6 rpm
4. Pemilihan bahan poros utama menggunakan bahan baja konstruksi S45C berbentuk pipa dengan  $D = 50.8$  mm dan  $d = 29$  mm.
5. Rangka mesin menggunakan jenis baja profil St41, dengan tegangan tekan  $7,3 \text{ Kg/cm}^2$  lebih kecil dari tegangan tekan yang diizinkan yaitu sebesar  $13,6 \text{ Kg/cm}^2$

6. Waktu Pengerjaan per unit adalah 15 menit dari sebelumnya 20 menit.  
Hal ini meningkatkan jumlah produksi 576 unit/bulan menjadi 768 unit/bulan.
7. *Payback Period* dicapai ada ketika penggunaan alat selama 1,33 bulan dan akan mendapat laba tetap sebesar Rp. 2.250.000 / bulan.
8. Setelah dioperasikan mesin dapat berjalan dengan baik berdasarkan perencanaan yang telah dibuat, hal ini dibuktikan dengan hasil produk sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

## **B. Saran**

Berdasarkan data-data yang didapat penulis memberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Meluruskan pipa tembaga dari gulungan menjadi lonjoran lurus harus menggunakan alat karena berpengaruh terhadap hasil *bending*.
2. Pada *claim* pembawa dapat diganti menggunakan *roller* sehingga saat proses bending pipa dapat benar benar lurus.
3. Poros utama dapat didesain ulang untuk dua proses *bending*.
4. Poros utama terlalu panjang sehingga perlu dikurangi dan memberi jarak sekitar 5 cm dari bantalan untuk mengurangi biaya produksi
5. Desain meja dapat dibuat miring untuk memudahkan pergerakan pipa tembaga,

## DAFTAR PUSTAKA

\_\_\_\_\_. *Panduan Praktis Gambar Desain Dengan AutoCAD 2011*.

Yogyakarta: Andi. 2011

Ahmad Kholil, dkk. *Elemen Mesin I*. Jakarta: UNJ Press. 2008

Blocher, Chen dan Lin. *Manajemen Biaya*. terj A Susty Ambarriani. Jakarta:

Salemba Empat. 2000

Chris Long dan Naser Sayma. *Heat Transfer* 1<sup>st</sup> Edition. Bookboon. 2009

Daryanto. *Dasar – Dasar Teknik Mesin*. Jakarta: Rineka Cipta. 2007

Herjanto, Eddy. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Grasindo. 2007

Rijono, Yon. *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi. 1997

Riyanto, Bambang. *Dasar Dasar Pembelajaran Perusahaan*. Yogyakarta: BPFE

Yogyakarta. 2008

Sato, G.Takeshi dan N. Sugiarto Hartanto. *Menggambar Mesin Menurut Standar*

*ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita. 2005

Sitompul Tunggal M. *Alat Penukar Kalor*, Cetakan. 1. Jakarta: PT. Raja

Grafindo Persada, 1993

Sonawan, Heri. *Perancangan Elemen Mesin*. Bandung: Alfabeta. 2010

Sularso dan Kiyokatsu Suga. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*.

Jakarta: Pradnya Paramita. 2004



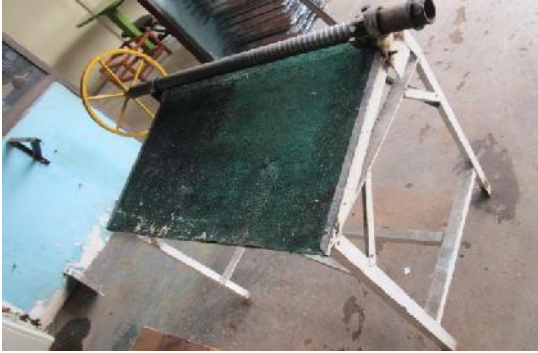
**Lampiran 1.** Bentuk Pipa Tembaga 3/8 in Sebelum di *Bending*



**Lever Tube**



## Lampiran 2. Alat *Bending* Manual



**Lampiran 3.** *Alat Bending Heat Exchanger Vertical*



## **RIWAYAT HIDUP**



Dani Prabowo lahir di Bekasi pada tanggal 22 Januari 1989. Anak ke-2 dari 3 bersaudara, dari pasangan bapak Padiyat (Alm) dan ibu Supartini. Beralamat di Jl. Cibarusah Lemahabang No 96 RT 001/RW 006 Desa Mekar Mukti Cikarang Utara Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Jenjang pendidikan yang dijalani oleh penulis sebagai berikut: Lulus Sekolah Dasar Negeri Mekar Mukti 04 di Cikarang Utara Bekasi pada tahun 2001, kemudian melanjutkan Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 2 Cikarang Utara Bekasi lulus pada tahun 2004. Selanjutnya masuk Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Cikarang Utara Bekasi lulus pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan ke Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin di Universitas Negeri Jakarta